

# DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE VIVIENDAS DE BAJO COSTO. UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTUDIANTES DE LA CARRERA ARQUITECTURA, GUAYAQUIL

## BIOCLIMATIC DESIGN OF LOW-COST HOUSING. CASES OF STUDIES IN SOCIO VIVIENDA II, GUAYAQUIL

Boris Forero Fuentes<sup>1</sup> ([boris.forerof@ug.edu.ec](mailto:boris.forerof@ug.edu.ec))

Jesús Rafael Hechavarría Hernández<sup>2</sup> ([jesus.hechavarriah@ug.edu.ec](mailto:jesus.hechavarriah@ug.edu.ec))

Ricardo Andrés Sandoya Lara<sup>3</sup> ([ricardo.sandoyal@ug.edu.ec](mailto:ricardo.sandoyal@ug.edu.ec))

### RESUMEN

El artículo trata la aplicación del diseño bioclimático adaptado a las condiciones medioambientales de la ciudad de Guayaquil donde se toma como caso de estudio el mejoramiento de una vivienda de interés social del complejo habitacional "Socio Vivienda 2, Etapa 1". de un programa habitacional del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Se detalla el estudio del comportamiento térmico de tres casas del sector, las cuales darán las hipótesis de solución para mejoramiento de las condiciones térmicas al interior de las viviendas, concebido al diseño de viviendas de interés social bajo un enfoque sistémico con múltiples criterios de eficiencia modelados a través de heurísticas basadas en la optimización multiobjetivo.

**PALABRAS CLAVES:** diseño bioclimático, confort térmico, viviendas de bajo costo.

### ABSTRACT

The article deals with the application of the bioclimatic design adapted to the environmental conditions of the city of Guayaquil, where the improvement of a housing of social interest of the housing complex "Socio Vivienda 2, Phase 1" is taken as a case study. of a housing program of the Ministry of Urban Development and Housing (MIDUVI). The study of the thermal behavior of three houses of the sector is detailed, which will give the hypothesis of solution for improvement of the thermal conditions inside the houses, conceived to the design of social interest houses under a systemic approach with multiple efficiency criteria modeled through heuristics based on multiobjective optimization.

**KEYWORDS:** bioclimatic design, thermal comfort, low cost housing.

La ciudad de Guayaquil se encuentra localizada en las coordenadas geográficas S2°07' W79°58 a una altura media de 6 metros sobre el nivel del mar, en la cuenca baja del Río Guayas, rodeada al oeste y sur por un ecosistema de manglares, y en la parte noroeste por tierras con las estribaciones de la cordillera Chongón-Colonche en cuyas estribaciones se ubica el proyecto Socio Vivienda.

---

<sup>1</sup>Maestro en Arquitectura Bioclimática. Universidad de Guayaquil (UG). Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Director del Proyecto: "Enfoque sistémico del diseño de viviendas de interés social a partir de sistemas constructivos prefabricados para los sectores populares de las zonas 5 y 8 del Ecuador, VIS". Guayaquil, Ecuador.

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Guayaquil (UG). Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Análisis y Síntesis de Sistemas de Ingeniería. Director Científico del proyecto "VIS". Guayaquil, Ecuador.

<sup>3</sup>Máster en Diseño Arquitectónico. Universidad de Guayaquil (UG), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Ecuador.

La ciudad posee dos estaciones claramente marcadas: una estación seca, de mayo a mediados de diciembre, donde las temperaturas promedio rondan los 23°C a 25°C con humedades relativas entre el 67% y 73% para registrar sensaciones térmicas máximas promedio de 29°C y noches frescas con medias de 22°C.

La otra estación lluviosa y denominada comúnmente como “inverno”, acarrea registros de medias entre 26°C y 28°C con humedades entre el 68% y 80% lo que origina sensaciones térmicas promedio de 32°C. Es una estación que se caracteriza por el alto porcentaje de humedad en la atmósfera lo que origina escenarios de falta de confort tanto en el día como en la noche.

El régimen de lluvias tiene un factor decisivo en la incidencia de la humedad relativa, por cuanto en la época de ausencia de precipitaciones, es cuando menor porcentaje de humedad se encuentra en la atmósfera, acompañada de una gran masa de agua fría en el Pacífico, proveniente del sur del continente.

Atendiendo al análisis de las condiciones térmicas en el interior de las viviendas del complejo habitacional Socio Vivienda 2, Etapa 1, de la ciudad de Guayaquil, en las que se demuestra la ausencia de estrategias bioclimáticas durante el proceso de diseño de estas edificaciones. Investigadores de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil comparten la idea de “... egresar un profesional que sea capaz de continuar aprendiendo” (Pérez, 2017, p. 1).

A partir de estos criterios concibieron un conjunto de alternativas para mejorar las condiciones en las que se encuentran estos habitantes. La estrategia principal consiste en disminuir la transferencia de calor hacia el interior de la vivienda principalmente a través de su cubierta, manteniendo, además, que la geometría de la envolvente permita una adecuada ventilación de sus espacios.

Teniendo en cuenta lo descrito, el artículo tiene como objetivo exponer una manera de mejorar la calidad de vida de una población que supera las dos mil doscientas familias pertenecientes a sectores de menores ingresos económicos. Lo anterior, se ve reforzado por las políticas estatales vigentes en el Ecuador y establecidas en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017; en su Objetivo 3: “...mejorar la calidad de vida de la población” (SENPLADES, 2013, p. 5), y su Política 36, de garantizar el acceso a una vivienda segura, adecuada y digna (SENPLADES, 2013, p. 25).

El desarrollo de la investigación que da lugar a este artículo requirió de un diagnóstico en el que se analizaron los “...datos climáticos a partir de la recopilación de cifras históricas de estaciones meteorológicas cercanas” (Hechavarría y Forero, 2015). En el Ecuador, la entidad gubernamental que administra esta información es el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

El trabajo en este sector de vivienda prioritaria “...está íntimamente ligado al uso y gestión de los recursos económicos, construyendo la mitigación de la inequidad y vulnerabilidad con soluciones correctamente diseñadas” Katzman, 2003, p. 22). “Estos experimentos han dado buenos resultados, y permiten que las comunidades se apropien de los espacios habitacionales y su entorno próximo, generando sentido de pertenencia y de inclusión” (Contal y Revedin, 2013, s/p).

Para comprender mejor el intercambio energético de la vivienda con su entorno, se analiza su comportamiento a través de mediciones de temperatura interna. Para esto se emplearon 4 Dataloggers que fueron instalados en tres viviendas contiguas de las manzanas 508 y 509 de Socio Vivienda 2, etapa 1. El cuarto sensor fue ubicado en el exterior y con el cual se obtuvo datos de temperatura aire a la sombra.

La fecha de colecta de datos se realizó entre el 17 y el 26 de julio donde se presentaron días de nubosidad variada; todos ellos sin lluvias, principal característica del “verano” guayaquileño. Estas viviendas se escogieron por ser esquineras y presentar dos de sus fachadas hacia el este u oeste y el sur. Durante la fecha de toma de datos, las fachadas de las tres casas no presentaron asoleamiento, por tanto los valores registrados se asumen como de la temporada menos cálida para un escenario anual.

A partir de estas situaciones concretas se recopiló información para analizarla en un marco teórico general, que permitió la valoración del diseño bioclimático, y se determinan los factores claves que influyen en el fenómeno, interrelacionando los efectos presentados que constituyen explicaciones al problema, en un proceso de evaluación y diagnóstico de las condiciones térmicas del interior de las viviendas, determinadas por su localización, orientación y clima del entorno geográfico, así como la relación con los materiales de la misma. Estas variables establecen las condiciones de habitabilidad de la vivienda analizada y permiten, a través de la metodología de Diseño Bioclimático, elaborar propuestas de mejoramiento de las condiciones térmicas al interior de las envolventes arquitectónicas.

Posteriormente se desarrolla la propuesta de mejoramiento con el empleo de estrategias, tácticas y técnicas derivadas de la comprensión de los requerimientos expuestos por Gómez (s/f) y su respectiva validación a través del cálculo de balance térmico y energético del edificio con el software Design Builder y con hojas de cálculo para determinar una primera aproximación a los resultados de la temperatura interna media de la vivienda planteados por González, (2013).

El diseño bioclimático parte del acopio de información relacionada con la ubicación geográfica de la ciudad y sus características climáticas más relevantes. Dentro de la realidad de una localidad específica también se deben tener en cuenta los materiales y sistemas constructivos de la edificación los cuales influyen de manera determinante en el desempeño térmico que acompaña las condiciones de habitabilidad de una vivienda. A continuación se expone la información y las características de aspectos fundamentales para desarrollar un análisis desde el punto de vista bioclimático.

En el análisis bioclimático se tienen en cuenta la localización, el estudio del clima, la geometría solar e implantación del proyecto, así como también los materiales constructivos.

Las condiciones de confort se establecen y visualizan en la carta psicrométrica desarrollada por Givoni en los años sesenta y que nos permite comprender cuáles son las estrategias a tomar según sea los volares de un lugar determinado arrojados por temperatura, humedad absoluta y relativa, donde se indica las estrategias a desarrollar para los diferentes escenarios.

La identificación de las condiciones de confort, son un paso fundamental dentro del procedimiento de diseño bioclimático, pues se establece así la referencia de las temperaturas de diseño que deberá alcanzar el interior de una edificación para cumplir con dichas metas de “confort”.

Las temperaturas máximas y mínimas de diseño se toman con rangos basados en los modelos adaptativos propuestos por Szokolayen (2004), donde se indica que el 90% de la población posee como límite mínimo de confort en  $-2,5^{\circ}\text{C}$  y máximo a  $+2,5^{\circ}\text{C}$  a partir de temperatura de confort.

Según (Auliciems y Szokolay, 2007, p. 30). "...la temperatura de confort se calcula a través de la siguiente expresión:

$$T_{\text{confort}} = 17.8 + 0.31(T_{\text{media}})$$

Es así que para Guayaquil, con temperatura promedio anual de 27,7°C "...su temperatura de confort es de 26,4°C con límites superiores e inferiores de diseño son 28,9°C y 23°C respectivamente" (Auliciems y Szokolay, 2007, p. 45). En la figura 1 se aprecia como la mayor parte del año la temperatura se encuentra por fuera de la zona de confort.

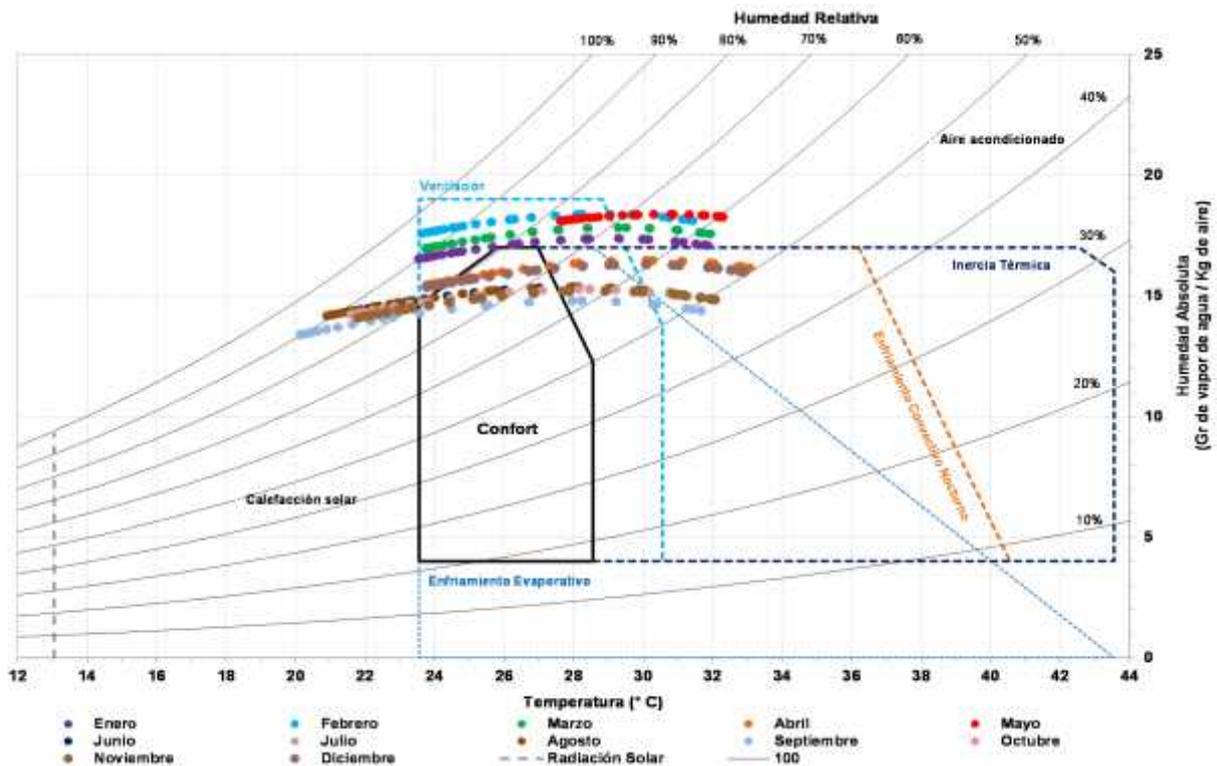


Figura 1. Representación de la carta psicrométrica de Guayaquil.

Fuente: Caracterización climática, Universidad de Colima.

A partir de esta gráfica, se comprende que el principal requerimiento para el diseño de las viviendas es ventilar los espacios interiores y bloquear la radiación solar para evitar la ganancia de calor. Durante los primeros meses del año se presenta la mayor necesidad de ventilación acompañada de protección ante la incidencia solar. Incluso en los denominados meses del "verano", se aconseja trabajar con inercia térmica, debido a las temperaturas registradas en horas de la madrugada. Vale aclarar, que todos los datos interpretados y analizados desde el punto de vista bioclimático, deben ser comprendidos como tendencias y no necesariamente comportamientos que vayan a suceder al pie de la letra.

Por estar próximo a la línea ecuatorial a dos grados de latitud sur, en Guayaquil se presenta asoleamiento tanto sobre los planos orientados al norte como aquellos hacia el sur (Figura 2) aproximadamente por seis meses cada uno. Esto crea la necesidad de protección solar en todas sus fachadas para evitar la ganancia de calor hacia el interior de la envolvente, como estrategia al requerimiento de bloqueo de la radiación solar.

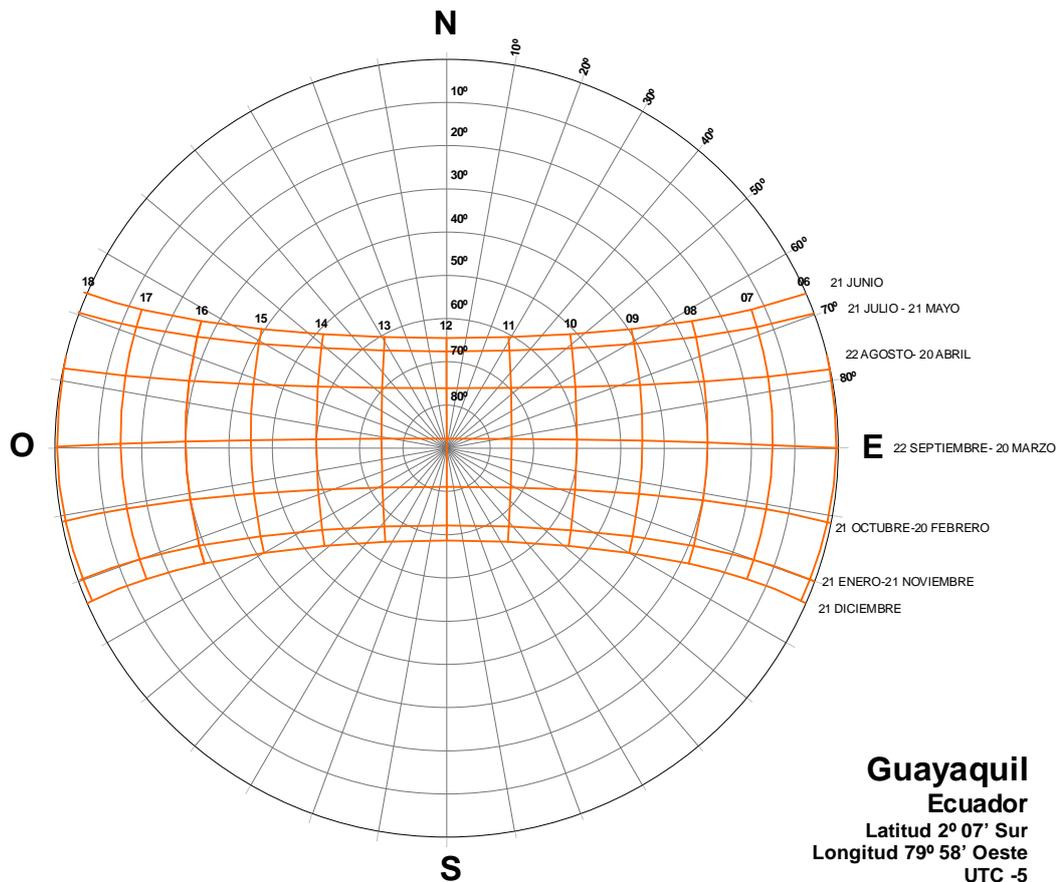


Figura 2. Ilustración del diagrama solar para Guayaquil.

Fuente: Elaboración propia.

El proyecto Socio Vivienda 2, Etapa 1, se desarrolla sobre una extensión de 44 hectáreas, conformada por 2.273 viviendas unifamiliares en terrenos de la Cooperativa Nueva Prosperina, parroquia Tarqui, en el kilómetro 26 de la vía Perimetral en la ciudad de Guayaquil. El trazado urbano es una retícula ortogonal donde la gran mayoría de las divisiones prediales de sus manzanas están orientadas en sentido este-oeste, como se muestra en la figura 3. Las casas están agrupadas en hileras continuas, con calles vehiculares como vías de acceso principal, y peatonales como espacio de ingreso secundario. Al noreste se encuentra un canal de aguas lluvias y el acceso vehicular principal se realiza por la avenida Cristian Benítez, contigua a Socio Vivienda 1. Una particularidad de la volumetría general, son los retiros que cada vivienda tiene en su fachada principal, donde las casas pueden expandirse, consolidando de esta manera la imagen del sector.



Figura3. Plano general con la ubicación de las tres viviendas estudiadas.

Fuente: Elaboración Propia.

Para la presente investigación, se realizan estudios de comportamiento térmico en tres viviendas de la agrupación. La denominada “Casa 1” está ocupada por 4 personas, tiene sus fachadas al este y sur, colinda con la “Casa 2” y al oeste y al norte está adosada a otra vivienda. Es particular el hecho de que esta familia construyó sobre el retiro frontal un espacio cubierto, el cual tiene una gran reja metálica que permite el paso del viento y dos ventanas adicionales. Sus habitantes concuerdan con que la casa siempre está “caliente” y es necesario el uso continuo de ventilador; salvo si se encuentran en el pórtico construido en la parte delantera, donde la sensación térmica mejora.

La Casa 2 se encuentra a espaldas de la anterior vivienda; en ella habitan tres personas y tiene su fachada principal hacia el oeste frente a una peatonal y también hacia el sur. Esta vivienda conserva su estado original, sin modificaciones o ampliaciones. En este lugar nos indican que el sitio más agradable es cerca a la puerta principal pues allí “entra viento”; afirman también sentirse incómodos con la temperatura al interior de la vivienda.

En la Casa 3 viven cinco personas quienes también muestran su descontento por las condiciones de confort térmico al interior de su vivienda. Además del ventilador, se tienen que duchar tres veces al día debido a las altas temperaturas que experimentan dentro de su domicilio, el cual ha sido modificado moviendo el baño hacia el retiro posterior y ampliando así la cocina. (Figuras 4 y 5)

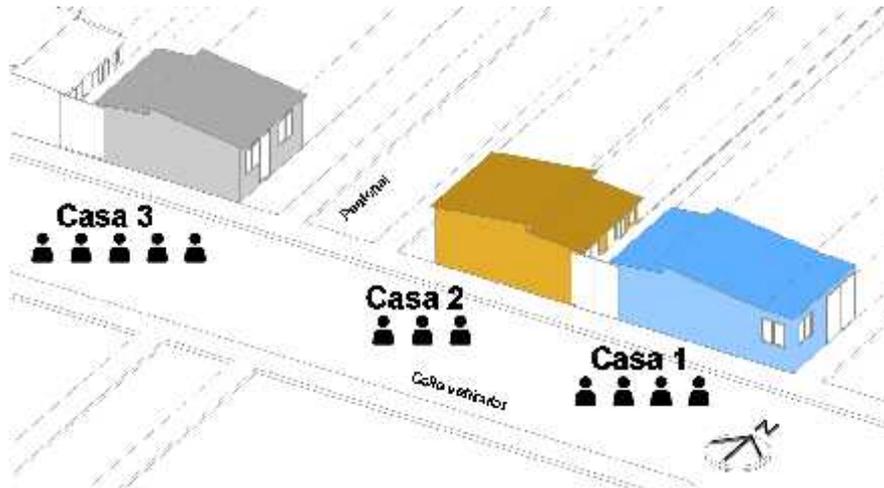


Figura 41. Ilustración de las casas estudiadas.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 5. Vista tipo del conjunto Socio Vivienda 2, Etapa 1.

Fuente: Elaboración Propia.

El diseño de las viviendas de la Etapa 1 de Socio Vivienda 2, se desarrolla sobre  $39,7\text{m}^2$  con un retiro posterior de  $5,7\text{m}^2$  y un retiro frontal de  $10,5\text{m}^2$ . Es precisamente en este espacio donde las familias han ejecutado ampliaciones de sus viviendas. Cada unidad habitacional posee tres dormitorios, una zona social, cocina y un baño. Dependiendo de la ubicación de cada terreno o solar, la casa puede ser esquinera o medianera. Sus paredes exteriores y divisiones interiores son de concreto macizo fundido en obra, y la cubierta es acero pre-pintado sin cielorraso. Vale destacar que las viviendas se implantan en agrupaciones de hileras, lo que de cierta forma favorece al no recibir en sus planos laterales y contiguos radiación solar. (Figura 6).

El programa arquitectónico consta de una sola planta. La volumetría se desarrolla sobre un eje principal donde se encuentra la zona social que da paso tanto al baño de la vivienda, como a los tres dormitorios de la misma. Es llamativa la baja altura a la que se encuentra la cubierta con tres metros en su cumbreera y 2,30 m en su parte más baja sobre los muros perimetrales. Esto sumado a la cubierta a dos aguas con pendientes del 11% en el plano principal y un 7% en su plano secundario.

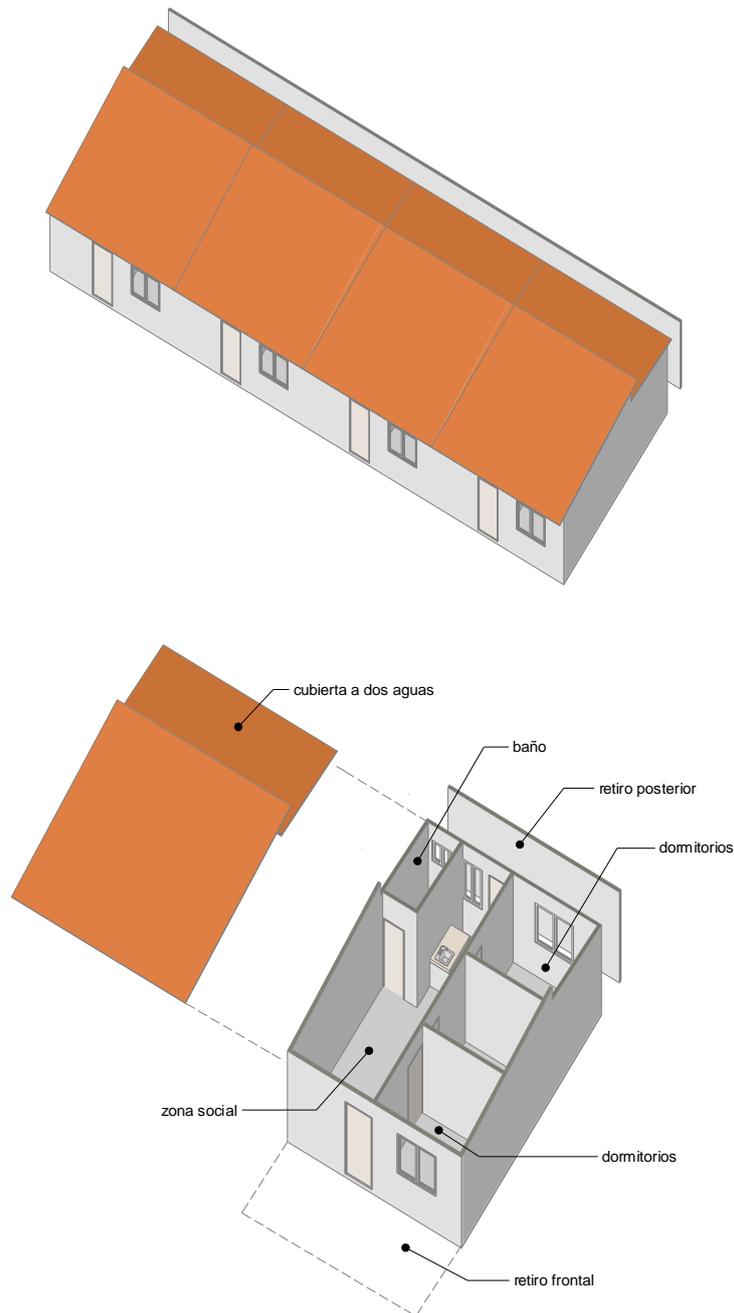


Figura 6. Esquema de agrupación unidades de Socio Vivienda 2, Etapa 1.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema constructivo de las viviendas se lo denomina “Forza” y está compuesto por muros portantes fundidos de hormigón a través de encofrados o formaletas de aluminio con una malla intermedia. El sistema de cubierta está compuesto principalmente por una teja de acero pre-pintado de color rojizo sin cielorraso sobre correas de aluminio. Los materiales utilizados se caracterizan por tener una alta capacidad de transferencia térmica que junto a la volumetría de la casa y proporciones de sus espacios, la hacen una solución de vivienda deficiente desde el punto de vista del confort térmico. “Recomendaciones para climas cálido-húmedos, establecen niveles de transmitancia máxima en cubiertas de  $1,1W/m^{20}C$ ” (Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew y Szokolay, 1977, p. 29); cuando se tiene al momento cubiertas de acero con  $5,8W/m^{20}C$ .

El diagrama solar para latitud 2 sur (Figura 7), muestra la incidencia de la radiación solar en las cuatro fachadas de la edificación durante todo el año. Las casas de estudio reciben los rayos del sol de septiembre a marzo por estar con su fachada sur libre hacia la calle (Szokolay, 2007). Las fachadas de menor área (frontal y posterior) están sobre el eje este-oeste al igual que la cubierta.

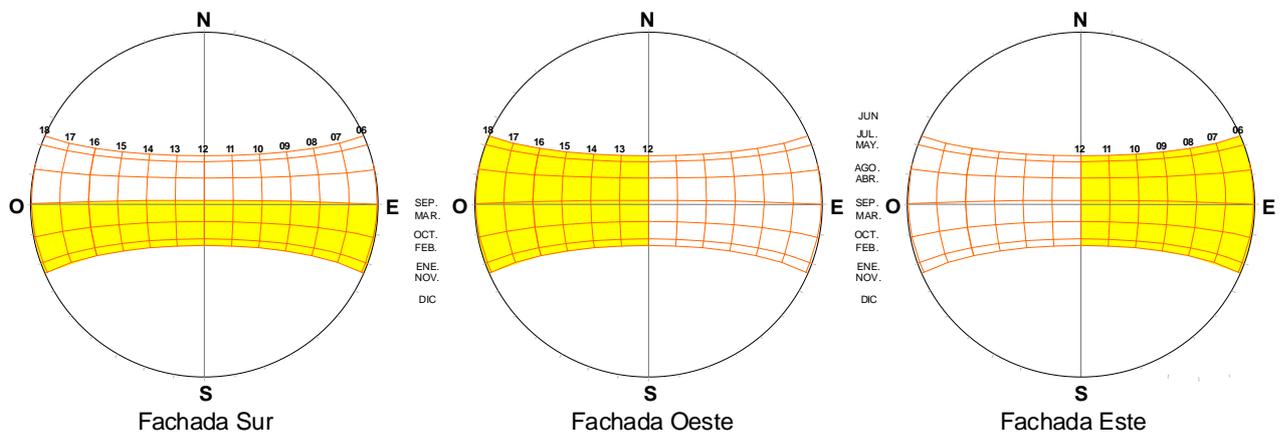


Figura 7. Asoleamiento de las fachadas de las tres viviendas estudiadas.

Fuente: Elaboración propia.

En la planta arquitectónica se aprecia la distribución de la vivienda en  $39m^2$ . Con un retiro posterior de  $5,28m^2$  y uno frontal que se cubre sobre un área de  $10,94m^2$ . Los tres dormitorios están divididos por muros bajos que permiten circulación de aire entre estos compartimentos de la volumetría.

Son dos los principales criterios de diseño bioclimático: (1) proteger de la radiación directa e indirecta para evitar el sobrecalentamiento del interior de la vivienda a través de la energía absorbida por la cubierta metálica y por la fachada principal respectivamente; y (2) ventilación natural, aunque limitada por la geometría de la envolvente, es vital en horas de la noche en que la temperatura del aire disminuye, la velocidad se incrementa y permite el enfriamiento convectivo nocturno.

Casa 1: Se registró una temperatura máxima de  $38,3^{\circ}C$  y una mínima de  $25,1^{\circ}C$ ; las humedades relativas estuvieron entre el 80% y el 46%. En esta vivienda se indicó la menor temperatura de las máximas arrojadas.

Casa 2: Las temperaturas internas arrojaron una máxima de 39,4°C y mínima de 25,5°C; La humedad relativa registrada osciló entre el 79% y 41%.

Casa 3: En este hogar se registró la máxima temperatura de las tres viviendas con 39,6°C y la mínima de 24,8°C; las humedades relativas estuvieron entre el 80% y el 42%.

La principal característica de la envolvente de las casas es su alta transmitancia térmica tanto de cubierta como de paredes, lo cual genera falta de confort térmico desde tempranas horas de la mañana hasta el final de la tarde. Las mediciones realizadas en las tres viviendas analizadas arrojan valores máximos de 39,6°C y mínimos de 24,8°C, con una amplitud de 14,8°C. El valor de la temperatura de confort se encuentra entre los 26,4°C con máximas de 28,9°C y 23,9°C.

“Este comportamiento de las cubiertas de acero puede ser mejorado mediante la aplicación de pinturas de color blanco brillante en aras de disminuir la absorptividad del 0.78 al 0.25, esperándose una reducción de casi 9°C en la superficie del material, además de reflejar del 25 al 30% de la radiación incidente” (Díaz, 2012, p. 26). El acero por poseer características de alta absorción de radiación infrarroja y baja emisión de la misma, se enfría rápidamente; razón por la que la ventilación nocturna es importante. En el mes en que se realizó el registro de datos, la fachada sur está en sombra durante todo el día. Esto contribuye a que la temperatura baje a niveles de confort hacia las once de la noche debido a la radiación acumulada durante el asoleamiento de las fachadas orientadas hacia el este. Notoriamente la Casa 2 es la más afectada en horas de la tarde al recibir asoleamiento en su fachada principal oeste. (Figura 8).

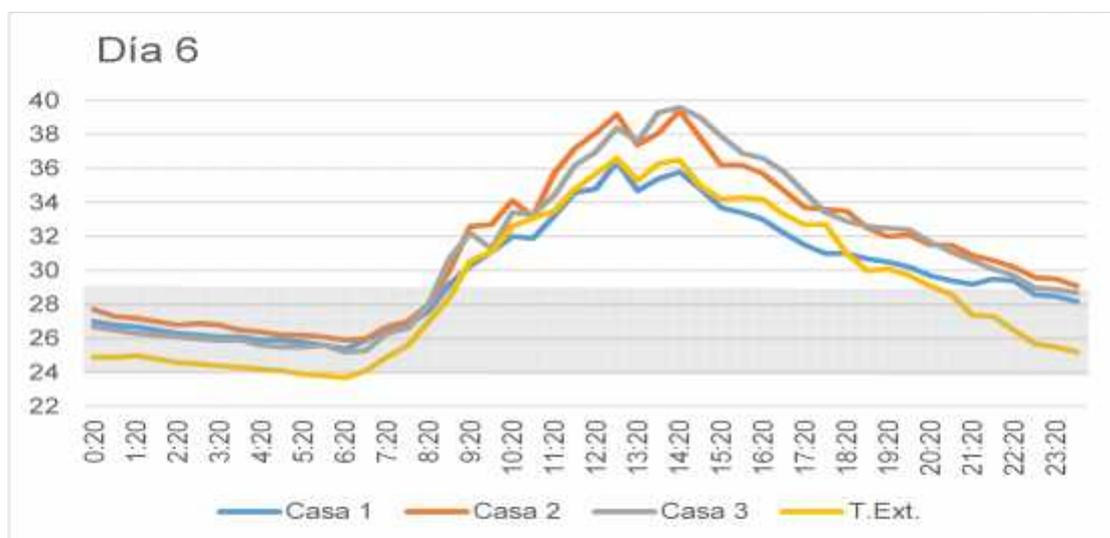


Figura 8. Gráfica del día con la mayor temperatura en la Casa 3 de 39,6°C.

Fuente: Elaboración propia.

### **Cálculo de balance térmico y energético de la edificación.**

Como ejemplo de balance térmico y energético del edificio se analiza la Casa 3 en el mes de julio, sin radiación sobre su fachada sur. Se busca calibrar los modelos y sus fórmulas con los resultados obtenidos en las mediciones tomadas con los Dataloggers, para un promedio de temperatura interna media de 29,1°C. Se parte de la ecuación en la que "...la suma de las ganancias internas y solares directa e indirecta, son iguales a la suma de los flujos de calor por conducción y convección" (González, 2009, p. 33).

Dentro del cálculo de las ganancias solares, se toma en cuenta el área de la cubierta y de las fachadas sur, este y oeste de la vivienda; con los valores de conductancia de la cubierta de acero pre-pintada de 5,78 W/m<sup>2</sup> °C y muros de 4,57 W/m<sup>2</sup> °C valores elevados para una vivienda. Además, características de vidrios con 5,91 W/m<sup>2</sup> °C y un factor de ganancia solar de 0.88.

En cuanto a ganancias internas, la Casa 3 está habitada por cinco personas, pero tres de ellas están ausentes durante el día. Se asume una carga entre dormir y realizar trabajos ligeros durante el día que arroja un total por hora promedio de 373W. Entre la iluminación y los electrodomésticos de la vivienda, se obtienen 442W. La temperatura exterior media de 27,7°C y rangos de confort máximos entre los 28,9°C y mínimos de 23,9°C, la temperatura interior media resulta de la suma de la temperatura media exterior más la diferencia de temperaturas que arroja un valor de 4°C, para un total de 31,6°C; resultando en zona de "disconfort" 2,7°C por arriba de la media máxima de confort.

Al realizar la simulación de la Casa 3 para el mes de diciembre, cuando se recibe radiación sobre la fachada sur, muestra valores de 3168 W/m<sup>2</sup> día, incrementando la temperatura interna media hasta los 33,1°C; 4,2°C por encima de la media máxima de la zona de confort.

El cálculo de balance térmico se realiza en julio y en diciembre para la Casa 3 pero incluyendo criterios y estrategias de climatización pasiva dentro de las que se propone aislar con EPS<sup>4</sup> la cubierta de metal para disminuir la cantidad de radiación indirecta. La fijación del material aislante se hará a las correas que sostienen la cubierta generando así una cámara de aire que permite aislar ofreciendo una conductancia de 0.28 W/m<sup>2</sup>°C.

También se propone como estrategia pintar la cubierta de acero ya existente con pintura blanca brillante para disminuir su absortividad de 0,78 a 0.25. Al proyectar una cubierta sobre el área del retiro frontal, se crea sombra que reduce los valores de radiación sobre fachada a 645 W/m<sup>2</sup> día. Si además se pinta de color blanco la fachada, la temperatura interna media en el mes de julio, bajaría en 2° para alcanzar medias de 29,6°C, a 0,7°C por encima de la zona de confort térmico.

Se realiza otro cálculo para el mes de diciembre, tomando en cuenta las mismas estrategias y modificaciones al diseño original de la vivienda. Como se explicó anteriormente, en esta época del año el sol irradia la fachada sur sobre la cual se reciben 3168 W/m<sup>2</sup> día. En la cubierta y fachadas este y oeste, se incrementa la radiación a 4800 W/m<sup>2</sup> día y 720 W/m<sup>2</sup> día, respectivamente.

---

<sup>4</sup>EPS son las iniciales en inglés para Expandable Polystyrene o poliestireno expandido. Se prevé utilizar planchas de 5mm y 15Kg/m<sup>3</sup>

Con estos valores, la temperatura interior media alcanza los 29,9°C, demuestra que la mayor incidencia en la temperatura interior la tiene la cubierta, pues sólo se eleva 0,3°C sobre la fachada sur en el mes de julio sin radiación. La diferencia con el escenario original sin modificaciones al diseño de la vivienda o sus materiales, es de 3,2°C promedio.

Los resultados arrojados con el estudio de las casas, donde la número 1 registró las temperaturas más bajas, coincide con el hecho de ser la única que tiene techado su retiro frontal. Bajo esta hipótesis, se plantea una cubierta a las restantes viviendas, para bloquear la radiación solar directa sobre fachadas principales (esto se tomó en cuenta en el Cálculo de Balance Térmico) con la consecuente reducción de la radiación recibida sobre los planos de la envolvente.

El estudio de la incidencia solar en el diseño actual de la Casa 1 (contempla una cubierta y paredes sobre el retiro frontal) muestra que la sombra sobre la altura de ventanas de la fachada oeste (retiro posterior y proximidad a la vivienda vecina hacen de sombra) se asolea durante todo el año aproximadamente de 12:50 a 14:10 promedio. La sombra de la cubierta actual sobre el retiro frontal (producto de la ampliación realizada en esa vivienda) bloquea la radiación durante todo el año en la línea de ventanas luego de las 08:30 de la mañana. Ambas estrategias son eficientes en cuanto al bloqueo de radiación solar.

En las Casas 2 y 3, el escenario es similar en sus retiros posteriores, pero varía para la fachada principal, pues en el caso de la primera, el asoleamiento lo recibe la línea base de las ventanas en horas de la tarde y la tercera casa, en horas de la mañana. Cubrir el retiro frontal ayuda a controlar la cantidad de radiación directa que llega a la fachada principal.

Una alternativa es integrar la vegetación nativa del entorno cercano con el diseño solar pasivo y crear sombra sobre las fachadas de las casas a través de la plantación de especies del bosque seco tropical a lo largo de las peatonales que dan acceso a las viviendas. Esto crearía además zonas de sombra que mejoran el confort térmico del espacio público. Los ángulos para describir las sombras y las volumetrías del entorno se toman desde un corte general de la agrupación de viviendas. En él se aprecian los ángulos de los aleros y pantallas sobre la línea inferior de las ventanas de cada fachada.

El uso de muros portantes de concreto sólido constituye una limitante para modificar los vanos de la envolvente y mejorar la captación de viento. Sin embargo, la existencia del retiro posterior colabora en el intercambio de temperatura del interior con el exterior; especialmente en horas de la noche. Algunas casas han techado el retiro posterior cerrando un área importante de intercambio de temperatura.

Para concluir es preciso destacar que el diseño bioclimático permite analizar qué propuestas arquitectónicas son las más adecuadas a las relaciones entre hábitat y vivienda. Es una de las etapas que componen el enfoque sistémico del diseño de viviendas de interés social. El comportamiento térmico de los materiales de construcción e debe considerar para evaluar su influencia en las condiciones térmicas al interior de las viviendas.

Los diseños en climas cálido húmedos deben dar preferencia al diseño basado en flujos de aire dentro de los espacios arquitectónicos, acompañándolos de respuestas coherentes en cuanto a materiales y su relación o comportamiento frente al clima.

Las soluciones planteadas tienen su punto de partida en estudios reales de lo que sucede en Socio Vivienda 2, Etapa 1. Comprender el fenómeno de la ausencia de confort térmico dentro de las viviendas permite el análisis de posibles soluciones para esta realidad humana y socio-económica.

#### **REFERENCIAS:**

- Auliciems, A. y Szokolay, S. (2007). Thermal confort. En *PLEA Notes*. The University of Queensland.
- Contal, M.-H. y Revedin, J. (2013). *Sustainable Design: Towards a New Ethic in Architecture and Town Planning*. Berlín: Birkhäuser.
- Díaz, O. (2012). *La cubierta metálica en el clima cálido húmedo: análisis del comportamiento térmico y efecto en el confort del techo de zinc de la vivienda vernácula dominicana*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Gómez A., G. (s.f.). *Método de Diseño Bioclimático*. México: Colima.
- González, E. (2009). *Sobre el confort térmico: temperaturas neutrales en el trópico húmedo*. Venezuela: Universidad del Zulia.
- González, E. (2013). *Comportamiento Térmico de Edificaciones*. Venezuela: Universidad del Zulia.
- Hechavarría H. y Forero F., B. (2015). *Aplicación de la metodología de Análisis y Síntesis de Sistemas de Ingeniería en la búsqueda de soluciones a problemas de la sociedad. III Congreso Internacional Tecnología, Universidad y Sociedad (TUS)*. Guayaquil: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Katzman, R. (2003). *La dimensión espacial en las políticas de la superación de la pobreza urbana*. Santiago: CEPAL.
- Koenigsberger, O., Ingersoll, T., Mayhew, A. y Szokolay, S. (1977). *Viviendas y edificios en zonas cálidas tropicales*. Madrid: Paraninfo.
- Pérez, L. (2017). La propagación de errores en las medidas indirectas y el cálculo diferencial. *Opuntia Brava*, 9 (1). Recuperado de <http://10.22.1.55/index.php/numeros/2017/vol9num1>
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.